

08-29-66

10564362



①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

①⑫ **Offenlegungsschrift**
①⑩ **DE 101 60 843 A 1**

⑤① Int. Cl.⁷:
G 06 K 9/62

②① Aktenzeichen: 101 60 843.8
②② Anmeldetag: 12. 12. 2001
④③ Offenlegungstag: 10. 7. 2003

⑦① Anmelder:
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

⑦② Erfinder:
Wagner, Hannes, Dipl.-Ing., 73733 Esslingen, DE;
Fenkart, Marcel, Dipl.-Ing., 80335 München, DE;
Leis, Hans-Georg, Dipl.-Phys., 73733 Esslingen, DE

⑤⑥ **Entgegenhaltungen:**

DE	40 09 051 C2
DE	197 19 695 A1
DE	44 41 332 A1
DE	41 22 752 A1
DE	28 16 325 A1
US	58 35 613 A
US	62 52 977 B1

IBM TDB, Vol. 30, Nr. 4, Sept. 1987, S. 1647-1649;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen
Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ **Biometrisches Erkennungssystem**

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein biometrisches Erkennungssystem mit einer elektronischen Kamera, der ein angepasstes optisches Filter vorgeschaltet ist, und mit einer im Durchlassbereich des optischen Filters strahlenden Lichtquelle, die aus einer Vielzahl von im Wesentlichen punktförmigen Lichtquellen besteht und/oder eine flächige Lichtquelle ist. Gemäß der Erfindung wird die Lichtquelle synchron mit Bildwechselintervallen oder Verschlussöffnungsintervallen der Kamera gepulst betrieben und werden die Pulsdauer und die Dunkelintervalle der Lichtquelle so gewählt, dass die Helligkeit eines zu erkennenden Objektes im Dynamikbereich der Kamera liegt und gleichzeitig die Bestrahlungsleistung der Lichtquelle am Ort des zu erkennenden Objektes unterhalb der maximal zulässigen Bestrahlungsleistung für das menschliche Auge liegt. So ein System ermöglicht bei geringen Anforderungen an die verwendete Kamera eine zuverlässige Erkennung unter wechselnden Lichtverhältnissen, insbesondere unter Bedingungen, wie sie in der Fahrzeug-Kabine eines Kraftfahrzeuges herrschen.

DE 101 60 843 A 1

DE 101 60 843 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft biometrische Erkennungssysteme mit einer Kamera zur Aufnahme eines zu erkennenden Objektes und mit einer vorzugsweise infraroten Zusatzbeleuchtung.

[0002] Biometrische Erkennungsverfahren gewinnen zunehmend an Bedeutung für Anwendungen, die einen Zugangs-Code erfordern, zum Beispiel elektronische Anwendungen wie elektronischen Handel (E-Commerce), mobilen elektronischen Handel (M-Commerce), digitale Signatur, etc.. Der persönliche Zugang erfolgt bisher beispielsweise durch Passwörter und PIN-Codes. Die Eingabe einer PIN (Personal Identification Number) setzt aber nicht zwingend voraus, dass der Benutzer mit dem berechtigten Eigentümer übereinstimmt, weshalb durch Personen, die sich Kenntnis über die PIN verschaffen, eine rechtswidrige Benutzung möglich ist. Dies beeinträchtigt auch die Sicherheit von kryptografischen ausgefeilten Verfahren wie z. B. PKI (Public Key Infrastructures).

[0003] Zur Steigerung von Sicherheit und Anwendungskomfort werden zukünftig verstärkt personengebundene Merkmale zum Einsatz kommen (z. B. Fingerabdruck, Stimme, dynamische Unterschrift, Gesicht und Augeniris). Durch Verbindung von Authentifizierung und Identifizierung wird sichergestellt, dass der Benutzer eines "elektronischen Schlüssels" auch die Berechtigung dazu hat.

[0004] Vorteilhaft bei Verfahren zur Gesicht- und Augeniris-Erkennung ist die berührungslose Handhabung. Gesichtserkennung ist ein Verfahren, das sich am stärksten am menschlichen Erkennungsprozess orientiert. Sogar die Unterscheidung von Zwillingen ist möglich. Ein besonders sicheres biometrisches Merkmal ist die Augeniris. Gegenüber einem Finger ist das Auge wesentlich besser geschützt, und die statistischen Freiheitsgrade des Musters sind deutlich höher, so dass eine größere Sicherheit gegenüber der Falscherkennung von Personen möglich ist (geringe Quote der fälschlich erkannten Personen, genannt FAR = False Acceptance Rate). Günstig erscheint auch die Kombination von unterschiedlichen Erkennungsverfahren. Dadurch sinkt der Aufwand für die Einzel-Verfahren, und die Erkennungssicherheit nimmt zu.

[0005] Die bekannten Systeme zur Gesicht- oder Augeniris-Erkennung stellen hohe Anforderungen an die Konstanz der Umgebungsbedingungen. Insbesondere wechselnde Lichtverhältnisse beeinträchtigen die Erkennungsleistung erheblich.

[0006] Dies liegt unter anderem daran, dass die lichtempfindlichen Silizium-Chips von gängigen elektronischen Kameras in CCD- und CMOS-Technologie eine wesentlich geringere Helligkeitsdynamik als das menschliche Auge besitzen. Mit Hilfe einer Belichtungs-Automatik (shutter- und gain-control = Verschluss- und Verstärkungsregelung) wird zwar versucht, diesen Dynamikbereich an die abzubildende Szene anzupassen. Dennoch ist die Variation der Helligkeitsverteilung unter Bedingungen mit wechselndem Tageslicht häufig viel zu stark, als dass die Erkennungsalgorithmen von im Handel erhältlicher Software zur Gesicht- und Iris-Erkennung zuverlässig arbeiten könnten.

[0007] Zur Anhebung der Dunkel-Schwelle werden bei manchen Kameras Zusatz-Beleuchtungen eingesetzt (z. B. mit Infrarot-LEDs). Diese Beleuchtungen arbeiten in der Regel zeitkontinuierlich und sind zu schwach, um Tageslicht-Schwankungen auszugleichen, die beim Wechsel von Sonne und Schatten entstehen. Der Strahlungsleistung sind Grenzen gesetzt, die vor allem durch die thermische Belastung bestimmt werden. Dies betrifft sowohl die maximal mögliche Abstrahlleistung der Infrarotlichtquelle als auch

die maximal zulässige Bestrahlungsleistung für das menschliche Auge (nachfolgend MZB genannt; z. B. MZB nach der deutschen Strahlenschutz-Bestimmung DIN EN 60825-1).

[0008] Bei Verwendung von Infrarot-Lichtquellen lässt sich durch Einsatz eines Tageslicht-Sperrfilters, das nur den (nahen) Infrarot Bereich zur Kamera durchlässt, der Einfluss von Tageslicht-Schwankungen auf die Bildhelligkeit weiter verringern.

[0009] Aus der DE-A-197 19 695 ist ein biometrisches Erkennungssystem gemäß dem Oberbegriff der Patentansprüche 1 und 3 bekannt, bei dem die Aufmerksamkeit von in einem Raum befindlichen Personen für ein Objekt in dem Raum ermittelt wird, indem das von den Augenhintergründen der Personen reflektierte Licht erfasst wird.

[0010] Auch mit den oben beschriebenen Maßnahmen ist es bisher nicht gelungen, praktikable Beleuchtungsmittel zu schaffen, mit denen eine elektronische Kamera eines Zugangskontrollsystems ausreichend gute Bilder für eine zuverlässige Gesichts- oder Augeniris-Erkennung liefert, wenn die Systeme im Freien arbeiten sollen.

[0011] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein biometrisches Erkennungssystem zu schaffen, das bei geringen Anforderungen an die verwendete Kamera eine zuverlässige Erkennung unter wechselnden Lichtverhältnissen ermöglicht, insbesondere unter Bedingungen, wie sie in der Fahrzeug-Kabine eines Kraftfahrzeuges herrschen.

[0012] Diese Aufgabe wird bei einem gattungsgemäßen biometrischen Erkennungssystem durch die kennzeichnenden Merkmale der Patentansprüche 1 und 3 gelöst.

[0013] Die Erfindung macht sich zunutze, dass mit gepulsten Lichtquellen wesentlich höhere Strahlungsleistungen möglich sind. Zum Beispiel bei einer LED ist der abstrahlbare Grenzwert im Datenblatt durch die Impulsdauer und das Puls-/Pausenverhältnis (duty cycle) definiert. Beispielsweise beträgt die maximal erlaubte Bestromung im Dauerstrich-Betrieb nur 100 mA, wohingegen für einen 100 μ s-Impuls bei einem Puls-/Pausenverhältnis von 0,005 (entspricht 50 Hz Pulsfrequenz für Video-Bilder) maximal 2 A möglich sind.

[0014] In bevorzugten Ausführungsformen ist die Lichtquelle bzw. sind die Lichtquellen Infrarotlichtquellen und ist das angepasste optische Filter für sichtbares Licht undurchlässig und für Licht in einem vorbestimmten Bereich des infraroten Spektrums durchlässig, um den Tageslichteinfluss auf die Bildhelligkeit zu reduzieren und einen subjektiven störenden Einfluss der Zusatzbeleuchtung auf die Fahrzeuginsassen auszuschließen. Falls die Beleuchtung (auch) im sichtbaren Bereich strahlt, kann der subjektive störende Einfluss aber auch durch geeignete Wahl der Impulsdauer und Länge der Dunkelintervalle vermindert werden.

[0015] Um den Tageslichteinfluss noch weiter zu reduzieren, wird eine Synchronisation der Kamera-Verschlusszeit oder Bildwechselintervalle mit dem von der Lichtquelle abgestrahlten Impuls vorgenommen.

[0016] Wird das Auge nur mit kurzen Impulsen bestrahlt, so steigt auch der MZB-Leistungsgrenzwert gegenüber zeitkontinuierlicher Bestrahlung stark an. Daher werden in der Ausführungsform gemäß Patentanspruch 1 die Pulsdauer und die Dunkelintervalle der Lichtquelle so gewählt, dass einerseits die Helligkeit eines zu erkennenden Objektes im Dynamikbereich der Kamera liegt, andererseits aber die Bestrahlungsleistung der Lichtquelle am Ort des zu erkennenden Objektes unterhalb der maximal zulässigen Bestrahlungsleistung für das menschliche Auge liegt. Vereinfacht ausgedrückt: Die Lichtquelle wird nur so oft jeweils für eine kurze Zeit eingeschaltet, dass der MZB-Leistungsgrenzwert insgesamt nicht überschritten wird.

[0017] Vorzugsweise liegt die Betriebs-Bestrahlungslei-

stung der Lichtquelle oder Infrarotlichtquelle am Ort eines zu erkennenden Objektes mindestens in der Größenordnung der Strahlungsleistung des Tageslichtes in dem vorbestimmten Bereich des infraroten Spektrums bzw. in dem spektralen Empfindlichkeitsbereich der Kamera bei vorgeschaltetem optischen Filter. Wenn die Betriebs-Bestrahlungsleistung wenigstens so groß wie die Strahlungsleistung von diffusem Tageslicht ist, ist eine zuverlässige Erkennung zumindest dann gewährleistet, wenn das Objekt zwar aus irgendeiner Vorzugsrichtung, aber nicht von direktem Sonnenlicht beleuchtet wird. Wenn die Betriebs-Bestrahlungsleistung wenigstens so groß wie die Strahlungsleistung von direktem Sonnenlicht ist, werden auch im Schatten liegende Teile eines möglicherweise direkt von Sonnenlicht beschienenden Objektes von der Lichtquelle genügend aufgehellte, dass auch eine Kamera mit relativ kleinem Dynamikbereich genügend viele Details des Objektes erfassen kann, wenn die Bildwechselintervalle oder Verschlussöffnungsintervalle der Kamera und die Pulsdauer der Lichtquelle geeignet gewählt werden.

[0018] Alternativ oder zusätzlich zu der Variation der Pulsdauer und Dunkelintervalle der Lichtquelle wie in der Ausführungsform gemäß Patentanspruch 1 ist in der Ausführungsform der Erfindung gemäß Patentanspruch 3 mindestens eine weitere Lichtquelle mit den gleichen Merkmalen wie die erste Lichtquelle vorgesehen, wobei die mehreren Lichtquellen selektiv aktivierbar und in Abständen voneinander so angeordnet sind, dass sie ein zu erkennendes Objekt jeweils aus verschiedenen Winkeln beleuchten.

[0019] In dieser Ausführungsform kann die Betriebs-Bestrahlungsleistung jeder einzelnen Lichtquelle wesentlich kleiner sein als diejenige der einzelnen Lichtquelle in der ersten Ausführungsform, was die Einhaltung des MZB-Leistungsgrenzwertes erleichtert.

[0020] In dieser Ausführungsform kann die Betriebs-Bestrahlungsleistung jeder einzelnen Lichtquelle sogar um ein Vielfaches kleiner sein als diejenige der einzelnen Lichtquelle in der ersten Ausführungsform, wenn man die mehreren Lichtquellen selektiv aktiviert, um ein Bild zu erhalten, anhand dessen sich die beste Erkennungsleistung ergibt.

[0021] Diese selektive Aktivierung kann auf besonders einfache Weise dadurch erfolgen, dass die einzelnen Lichtquellen in einer beliebigen Reihenfolge eingeschaltet werden, gegebenenfalls auch in irgendwelchen Kombinationen miteinander, bis mindestens ein Bild des zu erkennenden Objektes erhalten wird, das im wesentlichen im Dynamikbereich der Kamera liegt bzw. dessen Helligkeitsverteilung sich nur geringfügig von eingelernten Referenz-Bildern unterscheidet, wie später näher erläutert wird.

[0022] Alternativ kann die selektive Aktivierung einer oder mehrerer Lichtquellen gezielt durchgeführt werden, indem irgendein Bild des zu erkennenden Objektes gewonnen wird, während mindestens eine der Lichtquellen aktiv ist, die Lage des zu erkennenden Objektes in dem Bild ermittelt wird, die Helligkeitsverteilung in dem zu erkennenden Objekt analysiert wird und auf Basis der Analyse der Helligkeitsverteilung die selektive Aktivierung der Lichtquellen durchgeführt wird.

[0023] In einer bevorzugten Ausführungsform enthält das Erkennungssystem außerdem mindestens einen Entfernungsmesser zur Messung der Entfernung des zu erkennenden Objektes von der Lichtquelle bzw. der Kamera. Der Entfernungsmesser kann z. B. ein separates Gerät zur Ermittlung der Laufzeit bzw. Phasendifferenz einer von dem Objekt reflektierten elektromagnetischen oder akustischen Welle sein. Falls mehrere Kameras vorhanden sind, kann die Entfernung auch stereoskopisch aus den Kamerabildern ermittelt werden. Die Strahlungsleistung, die Pulsdauer und/

oder die Dunkelintervalle der Lichtquelle werden an die gemessene Entfernung angepasst, um optimale Belichtungsverhältnisse zu erhalten und insbesondere um eine Überschreitung des MZB-Leistungsgrenzwertes in Fällen zu verhindern, in denen das zu erkennende Objekt, das vorzugsweise das Gesicht oder die Iris einer Person ist, der Lichtquelle näher als üblich kommt.

[0024] Das erfindungsgemäße Erkennungssystem ist für den Einsatz unter instabilen, stark wechselnden Lichtverhältnissen geeignet, wie sie zum Beispiel im Freien herrschen.

[0025] Weiterhin ist die Erfindung besonders für Personen-Identifizierung in einem Kraftfahrzeug geeignet, in dem naturgemäß besonders instabile Lichtverhältnisse herrschen.

[0026] Die Möglichkeit einer automatischen Personen-Identifizierung in einem Kraftfahrzeug eröffnet eine Vielzahl von praktischen Anwendungen, zum Beispiel Personen-Identifizierung zum Abschluss von Rechtsgeschäften mittels digitaler Signatur im Kraftfahrzeug, als Zugangskontrolle für vertrauliche Informationen wie e-mail, Datenbank, Kontostand, um auch in einem Kraftfahrzeug ohne Sicherheitseinbußen darauf zugreifen zu können, zur Erhöhung der Diebstahlsicherheit durch Überprüfung der Fahrerberechtigung eines Fahrzeug-Inassen vor Freigabe der Zündung, und zur Übernahme von gespeicherten Fahrzeug-Komfort-Einstellungen bei Erkennung einer zugehörigen Person.

[0027] Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und aus der folgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen.

[0028] Ein Kraftfahrzeug enthält eine CCD- oder CMOS-Kamera, die z. B. in der Nähe des Innenrückspiegels am Fahrzeugdach angeordnet und auf den Kopf eines Fahrer gerichtet ist. Die Kamera kann z. B. eine analoge elektronische Kamera sein, deren Video-Signal (Composite/BAS-Standard) mittels einer Bildfangschaltung (Framegrabber) digitalisiert wird, die als Steckkarte für einen PC erhältlich ist. Alternativ sind auch Kameras verwendbar, die direkt digitale Bildsignale liefern.

[0029] Im Lichtweg der Kamera befindet sich ein angepasstes optisches Filter, das nur in einem mehr oder weniger engen Wellenlängenbereich durchlässig ist, am Besten in einem Bereich, in dem das Sonnenlicht beim Durchgang durch die Atmosphäre durch Absorption an CO_2 - und H_2O -Molekülen stark geschwächt wird. Gängige CCD- oder CMOS-Kameras auf Silizium-Basis arbeiten allerdings nur bis maximal ca. 1 μm , so dass damit die Absorptionsbanden ab 1380 nm nicht genutzt werden können. Bei 950 nm liegt aber noch ein kleines Transmissions-Minimum der Erdatmosphäre.

[0030] Das angepasste optische Filter kann entweder ein Bandpassfilter oder ein Langpassfilter sein. Bei Langpassfiltern kommt eine Bandpass-Wirkung bei Verwendung von konventionellen Kameras und Infrarot-LEDs (880 ... 950 nm) als Zusatzbeleuchtung automatisch dadurch zu Stande, dass diese Kameras nur bis ca. 1 μm empfindlich sind.

[0031] Die Kamera hat entweder eine einstellbare oder eine feste Bildwechselfrequenz (z. B. Bilddauer 20 ms für Video-Standard 50 Hz).

[0032] In einigen der nachfolgend beschriebenen Ausführungsbeispiele besitzt die Kamera außerdem einen elektronischen Verschluss, entweder einen von außen steuerbaren Verschluss oder einen selbstregelnden Verschluss, der ein Signal liefert, das zur Synchronisation mit einer infraroten oder anderen Zusatzbeleuchtung verwendet werden kann, wie später beschrieben.

[0033] Als Zusatzbeleuchtung enthält das Kraftfahrzeug

eine Lichtquelle, die in einer bevorzugten Ausführungsform eine Infrarotlichtquelle ist, zur Beleuchtung des Bereiches, in dem sich normalerweise der Kopf des Fahrers befindet. Die Lichtquelle kann aus einer Vielzahl von im wesentlichen punktförmigen Lichtquellen bestehen, vorzugsweise einer Gruppe von vielen LEDs, die ggf. auch in die Kamera integriert sein können, indem sie z. B. als einer oder mehrere Ringe um die Lichteintrittsöffnung der Kamera herum angeordnet sind. Alternativ kann die Lichtquelle eine flächige Lichtquelle sein, z. B. eine Streuscheibe, deren Rückseite von LEDs oder dergleichen beleuchtet wird.

[0034] Werden eine Infrarotlichtquelle bzw. Infrarot-LEDs verwendet, werden sie so gewählt, dass sie in dem Durchlass-Wellenlängenbereich des optischen Filters vor der Kamera strahlen. Werden Infrarot-LEDs verwendet, die in einem relativ engen Wellenlängenbereich strahlen, ist es günstig, den Durchlassbereich des optischen Filters vor der Kamera möglichst ebenso eng zu wählen. Unabhängig von der Breite der Wellenlängenbereiche der LEDs und des optischen Filters sollten die jeweiligen Mittenfrequenzen im wesentlichen zusammenfallen.

[0035] Außerdem ist ein Mikroprozessor vorgesehen, der die Kamera und die Lichtquelle auf eine weiter unten beschriebene Weise steuert und der außerdem in Übereinstimmung mit einem entsprechenden Datenverarbeitungsprogramm, wie es im Stand der Technik bekannt ist, eine Auswertung der von der Kamera aufgenommenen Bilder zwecks Gesichts- oder Iriserkennung durchführt.

[0036] Nachfolgend werden die Gesichtspunkte und Regeln erörtert, die bei der Auswahl bzw. Auslegung, Anordnung und Steuerung der Kamera und der Lichtquelle zu beachten sind.

[0037] Es bestehen folgende Anforderungen an die Lichtquelle:

1. Die Strahlungsleistung sollte größer als die Tageslichtleistung oder zumindest gleich groß sein. Um dies mit einer Anzahl von LEDs zu realisieren, werden diese gepulst betrieben und werden die Öffnungsdauern des Kamera-Verschlusses (falls vorhanden) oder die Bildaufnahmeintervalle der Kamera mit den Lichtimpulsen synchronisiert.
2. Die Strahlungsleistung muss kleiner sein als die MZB (zulässige Augenbelastung nach DIN, abhängig von Impulsdauer).
3. Die Strahlungsenergie soll größer sein als die Strahlungsempfindlichkeit einer einfachen elektronischen Kamera wie z. B. einer CCD- oder CMOS-Kamera, um nicht eine aufwändige Überwachungskamera mit hohem Dynamikbereich verwenden zu müssen.

[0038] Bei Verwendung von zeitlich kurzen starken Lichtimpulsen bestehen die folgenden Probleme:

Zur Beherrschung der Dynamik der Helligkeitsverteilung für den Einsatz von Mustererkennungsverfahren (Gesicht, Iris-Struktur) in Fahrzeugkabinen sind hohe Strahlungsleistungen erforderlich. Ideal wäre mindestens ein Faktor 10 im Vergleich zum Sonnenlicht, so dass die Bildinformation vom Kunstlicht dominiert würde.

[0039] Die Erzeugung hoher Leistungen ist möglich mit kurzen Lichtimpulsen, wobei die Kamera-Empfindlichkeit zu einem begrenzenden Faktor wird. Der Grund dafür ist, dass die Impulse überproportional verkürzt werden müssen im Verhältnis zur Erhöhung der LED-Abstrahlleistung und der maximal zulässigen Bestrahlungsleistung für das Auge. Dadurch sinkt die Energie, die von der Kamera empfangen wird, was sich in einer entsprechenden Abnahme des Signal-/Rauschabstandes auswirkt. Durch die mäßige Emp-

findlichkeit der CCD- oder CMOS-Kamera und die gewünschte Strahlungsleistung (relativ zum Tageslicht) wird die minimal erforderliche Länge der Lichtimpulse bestimmt, mit der ausreichend helle, kontrastreiche und rauscharme Bilder erzeugt werden können.

[0040] Bei einer LED ist der Zusammenhang zwischen maximal abstrahlbarer Leistung und maximal zulässiger Impulslänge typischerweise stark nicht linear. Beispielsweise darf ein 100 ns-Impuls mit einem Strom von 200 mA erzeugt werden (bei einem Puls-/Pausenverhältnis von 0,2). Soll der Strom bei konstanter Pulsfrequenz um einen Faktor 10 auf 2 A gesteigert werden, so ist die Impulslänge um einen Faktor 1000 auf 100 ns zu reduzieren. Somit sinkt die Energie der Strahlung um einen Faktor 100.

[0041] Mit kürzeren Lichtimpulsen steigt zwar der MZB-Leistungsgrenzwert, aber die für das Auge zulässige Bestrahlungs-Energie nimmt ab oder bleibt bestenfalls konstant (abhängig vom Impuls-Zeitbereich).

[0042] Die präzise Erzeugung sehr kurzer Lichtimpulse und Synchronisation mit der Kamera-Verschlusszeit kann aufwändig und teuer werden. Grenzen werden durch die minimal mögliche Verschlusszeit der Kamera gesetzt.

[0043] Starke LED-Stromimpulse erfordern hohe Vorwärts-Spannungen, und bei schnellen Schaltvorgängen mit hohen Strömen entstehen Störspitzen, wodurch Schaltungsaufwand und Kosten steigen.

[0044] Bei Verwendung von zeitlich längeren, schwächeren Lichtimpulsen aus einer räumlich ausgedehnten Lichtquelle ist die Situation wie folgt:

Wird eine größere Anzahl von LEDs zu einer Lichtquelle gruppiert, so können die einzelnen LEDs (zur Erreichung einer gewünschten Bestrahlungsstärke relativ zum Tageslicht) schwächer strahlen als bei einer Quelle, die nur wenige Elemente enthält. Somit ist die Erzeugung längerer Lichtimpulse möglich in Anbetracht der thermischen LED-Belastung (Puls-/Pausenverhältnis), was die Synchronisierung vereinfacht (Lichtquelle, Kameraverschluss). Aufgrund der starken Nichtlinearität zwischen zulässigem Maximalstrom und Impulsdauer einer LED steigt dadurch die Energie der Strahlung, was sich vorteilhaft für den Signal-Rauschabstand der Kamera auswirkt (Bild-Helligkeit und -Kontrast). Der geringere Strom der Einzel-LEDs reduziert den Schaltungsaufwand.

[0045] Im Hinblick auf den Strahlenschutz-Grenzwert (MZB) ist die räumliche Ausdehnung der Lichtquelle von entscheidender Bedeutung, da sie die Größe der Abbildung und damit die Strahlungsdichte auf der Netzhaut des Auges bestimmt. Eine große Lichtquelle darf stärker strahlen als eine kleine. Für Betrachtungswinkel, die kleiner als 1,5 mrad sind, wird die Quelle als "Punkt" gewertet (bei direktem Blick in einen Laser-Strahl ist der MZB-Grenzwert unabhängig von Raumwinkel). Zwischen 1,5 und 100 mrad nimmt der MZB-Grenzwert (linear) zu und steigt dann nicht weiter. Das heißt, auch eine beliebig große Lichtquelle darf nicht stärker strahlen als eine Quelle, die dem Auge unter einem Betrachtungswinkel von 100 mrad erscheint.

[0046] Die LED-Strahlergruppe wird vorteilhaft wie folgt ausgelegt:

Bei der geforderten Bestrahlungsleistung der Lichtquelle (z. B. 10 mal stärker als Tageslicht) wird die minimal mögliche Dauer der Lichtimpulse durch die Energie-Empfindlichkeit der CCD- oder CMOS-Kamera bestimmt (Signal-/Rauschabstand). Mit dieser Impulsdauer ergibt sich aus dem Puls-/Pausenverhältnis der maximal mögliche Strom, mit dem eine einzelne LED gespeist werden darf (typabhängig). Außerdem bestimmt der MZB-Grenzwert die maximal zulässige Bestrahlungsleistung am Ort des Auges für diese Impulsdauer (abhängig von der LED-Geometrie). Günstig

ist es, einen LED-Typ zu verwenden, der so stark strahlen kann, dass sich dieser Grenzwert (abzüglich einer Sicherheits-Reserve) für eine ausreichend große Fläche möglichst weitgehend erreichen lässt. Kommen schwächere Typen zum Einsatz, so wird für die geforderte Bestrahlungsleistung ("10 mal Tageslicht") eine entsprechend größere Anzahl benötigt. Lässt die Einzel-LED eine höhere Abstrahlleistung zu als durch den MZB-Grenzwert erlaubt, so kann diese nicht genutzt werden.

[0047] Wichtig ist aber nicht nur die richtige Wahl von Impulsdauer und Dunkelintervallen, sondern auch die räumliche Ausdehnung der Lichtquelle, z. B. die geometrische Anordnung und Strahlungsscharakteristik von Einzel-Elementen bei der Gestaltung von Gruppenstrahlern (eine Lichtquelle, die dem Auge unter einem größeren Raumwinkel erscheint, darf hinsichtlich Augensicherheit stärker strahlen als eine "kleinere").

[0048] Wenn die Dauer der Lichtimpulse länger gewählt wird als aufgrund der Kamera-Empfindlichkeit erforderlich, so können daraus Vorteile bezüglich des Schaltungsaufwands resultieren (einfachere Synchronisierung, kleinere Störspitzen etc.). In diesem Fall steigt jedoch die Anzahl der benötigten LEDs, da die erzeugbare und erlaubte Strahlungsleistung sinkt.

[0049] Zur Realisierung der geforderten gesamten Bestrahlungsleistung wird eine entsprechend große Anzahl von LEDs zu einer Gruppe angeordnet. Dabei sind die Außenabmessungen, die Form (Kreis, Rechteck etc.), die Anzahl und Anordnung der Einzel-LEDs sowie die LED-Abstrahlcharakteristik (Intensität und Winkel) so zu dimensionieren, dass die Sicherheits-Reserven von Gruppe und Einzel-LED gleich groß sind. Dazu muss das Verhältnis von Betrachtungswinkel (unter dem die Lichtquelle dem Auge erscheint) zur Bestrahlungsstärke für Gruppe und Einzel-LED übereinstimmen.

[0050] Der Begriff Sicherheits-Reserve ist definiert als das Verhältnis von MZB-Grenzwert zu der von der Lichtquelle erzeugten Bestrahlungsstärke am Ort des Auges. Für Winkel zwischen 1,5 mrad und 100 mrad ist der Zusammenhang zwischen MZB und Winkel gemäß Strahlenschutz-Bestimmung linear. Der Betrachtungswinkel für eine Gruppe wird aus den Winkeln der Einzel-LEDs und Untergruppen gebildet. Die maximal vorteilhafte Gruppen-Größe ist erreicht, wenn der Winkel 100 mrad beträgt, da größere Gruppen gemäß MZB-Grenzwert nicht stärker strahlen dürfen.

[0051] Wenn von dieser Dimensionierung abgewichen wird, so ergeben sich die im Folgenden dargestellten Konsequenzen.

[0052] Fall 1 die Sicherheits-Reserve der Gruppe ist größer als die Sicherheits-Reserve der Einzel-LED (die als ausreichend groß definiert ist): Die Gruppe ist dann "unnötig groß" (Außenabmessungen, Bauraum). Besser wäre es z. B., die Außenabmessungen zu verkleinern und die Elemente dichter zu packen.

[0053] Fall 2 die Sicherheits-Reserve der Gruppe ist kleiner als die der Einzel-LED (die nach Vorgabe mindestens eingehalten werden soll, was einen "starken" LED-Typ entsprechend erlaubtem MZB-Grenzwert voraussetzt, s. o.): Die Impulsdauer muss verringert werden, und die maximal mögliche Abstrahl-Energie der Einzel-LED wird nicht genutzt, wodurch das Bild dunkler bzw. verrauschter wird (Signal-/Rauschabstand für Kamera nimmt ab).

[0054] Theoretische Überlegungen und praktische Versuche haben gezeigt, dass mit einer herkömmlichen CCD-Kamera, IR-Filter und einer nach den obigen Gesichtspunkten und Regeln aufgebauten LED-Gruppe eine Bestrahlungsstärke erreicht werden kann, die in der Größenordnung des Sonnenlichtes liegt. Somit wird die Bildqualität zur Anwen-

dung von Mustererkennungs-Verfahren (Gesichts- und Augeniris-Erkennung) gegenüber bekannten Systemen so weit verbessert, dass diese Mustererkennungs-Verfahren in einem Kraftfahrzeug eingesetzt werden können, zumindest wenn zusätzlich eine Kamera-Synchronisierung vorgenommen wird, wie sie im Folgenden näher beschrieben wird.

[0055] Um den Einfluss der gepulsten Lichtquelle als Kunstlichtquelle auf die Kamera-Belichtung relativ zum natürlichen Umgebungslicht zu maximieren, müssen Kamera-Verschlusszeit und Dauer der Strahlungsimpulse synchronisiert werden. Der Verschluss darf nicht länger geöffnet bleiben als die Impulsdauer, da sonst nur noch Umgebungslicht zur Kamera gelangt und den Bildinhalt in unerwünschter Weise verändert. Einfache herkömmliche Kameras in CCD- oder CMOS-Technik besitzen üblicherweise keinen durch externe Steuerung einstellbaren Verschluss, sondern allenfalls einen Automatik-Verschluss, der sich in Abhängigkeit von den Lichtverhältnissen selbsttätig einstellt und der wahlweise aktiviert oder deaktiviert werden kann.

[0056] Derartige Kameras lassen sich dennoch im Sinne der geforderten Synchronisierung verwenden, wenn man die beiden folgenden Forderungen erfüllt:

1. Die Dauer der Lichtimpulse soll so groß sein wie die gesamte Bilddauer, so dass es keinen Zeitraum geben kann, in dem nur (störendes) Tageslicht zur Kamera gelangt. Die automatische Verschlusszeit-Einstellung der Kamera ist maximal so groß wie die Bilddauer des Video-Standards (20 ms) und regelt abhängig von der Beleuchtungsstärke auf kleinere Werte zurück (z. B. 10 \square s). Wenn die Dauer der Lichtimpulse so groß ist wie die Bilddauer, dann müssen ein paar unbelichtete Bilder folgen, um Dunkelintervalle zu erzeugen, die eine hohe Strahlungsleistung zulassen (thermische Strahler-Belastung, zulässige Augen-Bestrahlungsstärke).

2. Die Pulsfrequenz der Lichtquelle ist wesentlich kleiner als die Bildwechselfrequenz der Kamera (z. B. nur 5 Hz). Es wird also nicht jedes Bild von der Lichtquelle belichtet. Die erforderliche Frequenz der belichteten Bilder ist in Abhängigkeit der Anwendung festzulegen. Beispielsweise ist vorstellbar, dass während einer finanziellen Transaktion (M-Commerce) bereits von Anfang an in größeren Zeitabständen Bilder vom Gesicht oder Auge der zu erkennenden Person aufgenommen werden und nicht erst am Schluss, wenn die digitale Signatur rasch erfolgen soll. Dazu können beträchtlich geringere Bildfrequenzen als 50 Hz genügen.

[0057] Der technische Vorteil besteht darin, dass nur noch der Start-Zeitpunkt der Infrarotlichtimpulse mit dem Bildwechsel der Kamera synchronisiert werden muss. Dies kann dadurch geschehen, dass die Infrarotlichtquelle von den Bildwechsel-Impulsen der Kamera getriggert wird. Möglich ist es auch, die Bildaufnahme der Kamera durch Impulse von der Infrarotlichtquelle zu triggern. Derartige Synchron-Eingänge oder -Ausgänge werden herstellerseitig häufig eingebaut, um mehrere Kameras bildsynchron verwenden zu können. Das heißt, die Synchronsignale sind intern vorhanden und müssen nur aus der Kamera herausgeführt werden. Andernfalls ist die Ableitung der Synchronimpulse für Bild- und Zeilenwechsel auch direkt aus dem analogen Video-Signal der Kamera möglich, einfach auf die bei Fernseh-Geräten übliche Weise.

[0058] Die "Strahlungs-Pause" ist zur Erzeugung ausreichend hoher Strahlungsleistungen erforderlich (z. B. zur Gesichts- oder Augeniris-Erkennung im Fahrzeug). Bezüglich der maximal möglichen Abstrahlleistung ist das Puls-

/Pausenverhältnis der LED einzuhalten. Die maximal zulässige Augenbelastung wird durch den MZB-Wert abhängig von Dauer und Anzahl der Strahlungsimpulse begrenzt. Experimente mit 100 μ s-Impulsen und theoretische Überlegungen hinsichtlich Impulsen von 20 ms Dauer zeigen, dass damit beträchtliche Bestrahlungsstärken relativ zum Tageslicht möglich sind.

[0059] Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel beschrieben, das zusätzlich zu den Merkmalen der vorhergehenden Ausführungsbeispiele über eine Sicherheits-Ab-schaltung für die Infrarotlichtquelle verfügt.

[0060] Mit Annäherung eines Objektes (z. B. Gesicht einer Person) an eine punktförmige Lichtquelle steigt die Bestrahlungsstärke quadratisch an. Bei realen, d. h. ausgedehnten Lichtquellen, und speziell bei Gruppenstrahlern können davon abweichende Zusammenhänge auftreten.

[0061] Der erlaubte MZB-Grenzwert für die Augenbelastung nimmt mit geringer werdender Entfernung von der Lichtquelle ebenfalls zu, da die (virtuelle) Lichtquelle dem Auge unter einem größeren Raumwinkel erscheint. Diese Zunahme ist jedoch nur linear und findet gemäß Strahlenschutz-Bestimmung nur für Winkel zwischen 1,5 und 100 mrad statt. Für kleinere und größere Betrachtungswinkel ist der MZB-Grenzwert entfernungsunabhängig. Daher überwiegt in der Regel die Zunahme der Bestrahlungsstärke, wenn die Objekt-Entfernung verringert wird (bei Gruppenstrahlern sind Untergruppen zu betrachten). Um eine Gefährdung des Auges auszuschließen, muss dafür gesorgt werden, dass die Abstrahlleistung der Lichtquelle an die Entfernung angepasst ist, so dass der MZB-Grenzwert unter allen Umständen eingehalten wird.

[0062] Um dies zu erreichen, wird vor dem Einschalten der Infrarotlichtquelle zuerst die Entfernung des Objektes von der Infrarotlichtquelle gemessen. Dies ist mit verschiedenen Messprinzipien möglich, z. B. Infrarot-Licht, Ultraschall, Mikrowelle etc.. Erst nachdem aufgrund der Messung festgestellt wurde, dass die Entfernung "plausibel" ist, z. B. der normalen Sitzposition eines Fahrzeuginsassen entspricht, wird die Infrarotlichtquelle mit dem zulässigen Wert für eine nicht zu lange Zeit aktiviert, um Bilder für die Mustererkennung aufzunehmen. Werden unterschiedliche physikalische Prinzipien kombiniert (z. B. Verwendung von Ultraschall- und Infrarot-Sensoren), so erhöht sich die System-sicherheit.

[0063] Zur Optimierung der Objekt-Beleuchtung kann die Strahlungsleistung der Infrarotlichtquelle unter Berücksichtigung des MZB-Grenzwertes mittels einer Regelung angepasst werden, die die Bild-Helligkeit auswertet (keine Sättigung des Video-Signals, maximale Grauwert-Entropie innerhalb gewisser Grenzen, etc.). Sollte die Objekt-Entfernung durch eine rasche Bewegung während der Bildaufnahme reduziert werden (trotz der relativ kurzen Aufnahmezeit), so muss der Entfernungsmesser die Infrarotlichtquelle schnell zurückfahren oder abschalten.

[0064] Sehr kleine Objekt-Entfernungen lassen sich durch mechanische Maßnahmen an der Infrarotlichtquelle vermeiden, z. B. zurückgesetzten Einbau, so dass die Person bzw. deren Auge nicht näher als 20 mm an die Lichtquelle herankommen kann.

[0065] In den nachfolgend beschriebenen Ausführungsbeispielen werden anstelle einer einzelnen, relativ intensiven Strahlergruppe als Infrarotlichtquelle mehrere Strahler oder Strahlergruppen mit geringerer Bestrahlungsstärke verwendet, die aus unterschiedlichen Richtungen strahlen.

[0066] Mit einer Infrarot-Kunstlichtquelle, die das Gesicht einer Person um mindestens eine Größenordnung stärker bestrahlt als das Umgebungslicht (z. B. 10 mal so stark wie die Sonne) wird das Kamera-Bild weitgehend unabhän-

gig vom Umgebungslicht. Der Umgebungseinfluss lässt sich jedoch auch stark reduzieren mit wesentlich schwächeren Infrarotlichtquellen, die z. B. nur mit 1 bis 10% der Strahlungsintensität der Sonne strahlen, wenn aus verschiedenen

5 Richtungen situationsabhängig bestrahlt wird. So lassen sich beispielsweise Schattenbereiche gezielt aufhellen. Ein deutlicher Informationsgewinn wird bereits erreicht mit einer Bestrahlungsstärke, die relativ zum Umgebungslicht mindestens so groß ist, dass die Helligkeits-Dynamik der Kamera nicht überfordert wird (die z. B. bei CCD-Technologie einen Faktor 100 aufweist), so dass keine durch Sonnenlicht überstrahlten oder unterbelichteten Bereiche im Bild auftreten können. Die Lage des Empfindlichkeits-Bereiches der Kamera ist durch die Objektiv-Blende oder den elektronischen Verschluss an das Helligkeits-Niveau der Szene anzupassen.

[0067] Besonders kritisch sind Situationen mit direkter Sonneneinstrahlung, da dann sehr große Hell-/Dunkel-Unterschiede auftreten. Derartige Situationen treten in einem geschlossenen Kraftfahrzeug zwar nur selten auf, müssen aber jedenfalls dann berücksichtigt werden, wenn die Ge-sichts- bzw. Iriserkennung auch bei offenem Schiebedach oder Verdeck oder bei irgendeinem fahrzeugunabhängigen, im Freien angeordneten Personen-Identifizierungssystem möglich sein soll. Die Einstrahlrichtung der Sonne kann sich entsprechend der Fahrtrichtung eines Kraftfahrzeuges in einem Bereich von 0 bis 180° in der Azimutal-Ebene sehr rasch ändern. Der Elevationswinkel ändert sich entsprechend dem Sonnenstand vergleichsweise langsam, und zwar abhängig von Tageszeit, Jahreszeit und Standort zwischen 0 und 90°. Die Richtungen, aus denen ein Fahrzeuginsasse mit Kunstlicht beleuchtet wird, müssen somit hauptsächlich in seitlicher Richtung rasch variierbar sein, um z. B. bei Sonne von rechts eine gezielte Aufhellung der linken Gesichtshälfte zu erreichen. Mit einer Bestrahlungsstärke, die im Bereich von 1 bis 10% der Bestrahlungsstärke von direkter Sonneneinstrahlung liegt, lässt sich das indirekte Umgebungslicht bereits weitgehend überstrahlen, so dass durch die Richtungsvariation nur noch Richtungswechsel der direkten Sonneneinstrahlung beherrscht werden müssen.

[0068] In einem entsprechenden Ausführungsbeispiel werden mehrere Infrarotlichtquellen vorgesehen, die jeweils von vorne/links/rechts/oben/unten auf das Gesicht des Fahrzeuginsassen gerichtet sind und unabhängig voneinander ansteuerbar sind, um das Gesicht entsprechend der Sonneneinstrahlrichtung gezielt beleuchten zu können. Dies lässt sich z. B. mit zwei oder drei Strahlern erreichen, die schräg aus horizontaler und vertikaler Richtung strahlen (links oben, rechts unten etc.). Denkbar wäre auch der Einsatz beweglicher (z. B. drehbarer) Strahler.

[0069] Eine Steuerung so einer Beleuchtungsvorrichtung kann auf eine sehr einfache Weise durchgeführt werden, wie nachfolgend beschrieben wird.

[0070] Alle Strahler werden nacheinander einzeln (oder kombiniert) eingeschaltet, und die zugehörigen Bilder werden aufgenommen (z. B. Beleuchtung frontal, links und rechts). Mit diesen Bildern erfolgt ein Vergleich mit den gespeicherten Referenzbildern der Person (Gesicht, Augen-lris). Das beste Vergleichsergebnis wird gewertet.

Beispiel

[0071] Wenn die Sonne von links strahlt, liefert eine Zusatz-Beleuchtung von rechts das beste Bild.

[0072] Die Aufnahme der Referenz-Bilder kann nur mit einem Strahler (z. B. dem aus frontaler Richtung) oder mit mehreren Strahlern einzeln und kombiniert erfolgen. Damit sind später verschiedene Vergleichspaare von aktuellen

Test-Bildern und gespeicherten Referenz-Bildern möglich. Anhand einer Bewertung des Schattenwurfs lässt sich ein "echtes dreidimensionales Objekt" (Kopf einer Person) von einer "zweidimensionalen Attrappe" (Photo) unterscheiden. [0073] Bei der praktischen Realisierung ist zu beachten, dass nicht nur die Objekt-Helligkeit im Dynamik-Bereich der Kamera liegen muss (keine gesättigten Hell-/Dunkelbereiche). Vielmehr darf sich die Helligkeitsverteilung in den Bildern gegenüber den eingelesenen Referenz-Bildern nur so wenig unterscheiden, dass mit den verfügbaren Algorithmen zur Mustererkennung (Gesicht, Auge) eine zuverlässige Objekterkennung möglich ist. Im Prinzip geht es dabei um die "ROI" (Region of Interest, z. B. Gesichtsbereich). Abhängig vom Erkennungsalgorithmus kann es aber auch erforderlich sein, dass die Helligkeitsverteilung des Bild-Hintergrundes weitgehend konstant bleibt.

[0074] Bekannte Algorithmen reagieren sehr stark auf Änderungen der Helligkeitsverteilung (auch wenn alle Bildpunkte im Dynamik-Bereich der Kamera liegen) und sehr viel weniger auf Änderung der Gesamthelligkeit des Objektes.

[0075] Ein Bild zu erzeugen, das vollständig im Dynamik-Bereich der Kamera liegt, ist auch schon mit den automatischen Belichtungsfunktionen (AGC/Automatic Gain Control sowie Shutter/Verschlusszeit) herkömmlicher Kameras einigermaßen gut möglich. Die Belichtungsautomatik spricht aber z. B. auf den hellsten Punkt des Objektes an, wodurch sich die Helligkeitsverteilung im Bild sehr stark ändern kann. Beispielsweise erhält man sehr unterschiedliche Bilder (hinsichtlich der Bewertung durch die Erkennungsalgorithmen), wenn man frontal, seitlich oder von oben beleuchtet (Frontscheibe, Seitenscheibe, offenes Schiebedach). Eine Person, die mit frontaler Beleuchtung "eingelesen wurde", wird evtl. bei seitlicher Beleuchtung nicht mehr erkannt.

[0076] Statt der weiter oben beschriebenen einfachen Steuerung der Beleuchtungsvorrichtung kann auch eine Beleuchtungsregelung stattfinden, die nachfolgend beschrieben wird.

[0077] Das Kamera-Bild wird hinsichtlich der Helligkeitsverteilung im Gesicht analysiert, und daraufhin erfolgt die Einstellung der Strahler-Intensitäten. Dazu ist die Kenntnis der Lage des Gesichts im Bild erforderlich, d. h. das Gesicht und der Bild-Hintergrund müssen zuerst lokalisiert werden, was eine gewisse Mindest-Bildqualität voraussetzt.

Beispiel

[0078] Es wird festgestellt, dass die linke Gesichtshälfte im Mittel sehr viel heller ist als die rechte Hälfte. Das führt zur Annahme "Sonne von links". Somit muss von rechts stärker beleuchtet werden und von links schwächer, um den Schattenbereich aufzuhellen und Überstrahlungen zu reduzieren. Möglich wäre es auch, die Beleuchtung so lange zu verändern, bis das aktuelle Testbild den Referenzbildern möglichst nahe kommt (Histogramm der Grauwert-Verteilung, Vergleichsgüte der Mustererkennung). Dabei muss allerdings die Quote der fälschlich erkannten Personen beachtet werden. Bei zu starker Beleuchtungsvariation könnte eine Person einer anderen Person sehr ähnlich sehen.

[0079] Zusätzlich oder alternativ zu der oben beschriebenen Variation der Strahlintensitäten von mehreren Strahlern oder Strahlergruppen, die aus unterschiedlichen Richtungen strahlen, lässt sich der Bildinhalt durch Variation der Kamera-Einstellung verändern (z. B. Offset und Offsetverstärkung der Bildfangschaltung (Frame-Grabber)). Eine solche Bildkorrektur mit Hilfe der Kamera ist bei den derzeit im Handel erhältlichen Kameras nur für das ganze Bild mög-

lich. Zukünftig werden sogenannte HDRC-Kameras (in CMOS-Technologie, mit logarithmischer Helligkeits-Empfindlichkeit) eventuell auch lokale Veränderungen von Bildteilen ermöglichen.

[0080] Zusätzlich oder alternativ zu der oben beschriebene Kamera-Korrektur kann wie folgt eine Software-Korrektur durchgeführt werden:

Abweichungen zwischen einem aktuellem Testbild und einem gespeicherten Referenzbild, z. B. unsymmetrische

Ausleuchtungen des Gesichts, können durch Veränderung der von der Kamera (bzw. der Bildfangschaltung etc.) gelieferten digitalen (Grauwerte nachträglich korrigiert werden.

Beispiel

[0081] Die Grauwerte der linken Gesichtshälfte sind im Mittel deutlich höher als die der rechten Hälfte. Alle "linken" Grauwerte werden durch einen Algorithmus angehoben (mit einem konstanten Offset oder einer "beliebig komplexen" ortsabhängigen Funktion). Dabei ist wie bei der Beleuchtungsregelung die Quote der fälschlich erkannten Personen zu beachten. Zu starke Veränderungen des Bildinhaltes durch nachträgliche Maßnahmen verfälschen die Bildinformation.

[0082] Wenn man den Objekt-Bereich genau lokalisieren, d. h. vom Bild-Hintergrund abtrennen kann, erleichtert dies die optimale Einstellung von Beleuchtung und Kamera für den interessierenden Objekt-Bereich (z. B. das Gesicht einer Person). So eine Lokalisierung von Objekt und Bild-Hintergrund ist möglich mit Verfahren, die Konturen, topologische Zusammenhänge und Bewegungen analysieren. Zum Start eines derartigen Verfahrens ist eine gewisse Mindest-Bildqualität erforderlich, so dass überstrahlte und unterbelichtete Zonen problematisch sind.

[0083] Vorteilhaft ist es, Infrarotlichtquellen zu verwenden, die so stark sind, dass sie indirektes Umgebungslicht überstrahlen. Kritisch sind dann nur noch Situationen mit direkter Sonneneinstrahlung. Da die Sonne immer nur aus einer Richtung strahlt, lässt sich ein gutes Startbild für den Algorithmus zur Gesichts-Hintergrund-Trennung erzeugen, wenn mit den Infrarotlichtquellen nacheinander aus verschiedenen Richtungen bestrahlt wird.

[0084] Im Falle von seitlicher Sonneneinstrahlung in ein Fahrzeug kann so vorgegangen werden, dass die seitlichen und ggf. auch die frontalen Infrarotlichtquellen nacheinander eingeschaltet werden und die Gesamthelligkeit variiert wird (zum Beispiel durch Variation der Kamera-Einstellung durch Veränderung von Offset und Offsetverstärkung der Bildfangschaltung). Wird aus der Sonnenrichtung zusätzlich beleuchtet, so verschlechtert sich das Bild; durch Bestrahlung aus der Gegenrichtung wird die Helligkeits-Dynamik im Bild reduziert, so dass das Niveau an den Empfindlichkeits-Bereich der Kamera angepasst werden kann.

[0085] Im Falle von frontaler Sonneneinstrahlung in ein Fahrzeug genügt es möglicherweise, ohne Zusatz-Beleuchtung nur die Gesamthelligkeit des Bildes zu variieren (Kamera, Bildfangschaltung), bis die Qualität ausreicht, um den Algorithmus zu starten. Bei Bedarf kann zusätzlich frontal beleuchtet werden, um Schatten aufzuhellen.

[0086] Übrigens kann zur Abbildung des Gesichts einer Person mit einer Kamera grundsätzlich auch die Temperaturstrahlung des Gesichts verwendet werden. Hierzu ist die DE-C-40 09 051 bekannt. Die Temperaturverteilung wird bestimmt durch die charakteristische Form von knöchernen (kälteren) und blutdurchströmten (wärmeren) Zonen. Der Vorteil ist, dass man sich dann im Bereich des fernen Infrarot bei 10 μ m bewegt, wo keine Störungen durch Tageslicht auftreten.

[0087] Sobald handhabbare bzw. kostengünstige Kamera-Technologien für diesen Spektralbereich verfügbar sind, kann die Temperaturinformation des Gesichts allein oder in Kombination mit der oben beschriebenen aktiven Beleuchtung im NIR oder sichtbaren Bereich zur Personenerkennung verwendet werden. 5

[0088] Zum Beispiel kann eine zusätzliche Temperaturinformation die Lokalisierung von Objekt und Bildhintergrund erleichtern, indem anhand der Temperaturinformation zunächst einmal das Gesicht (ROI) aufgefunden wird. Wenn bekannt ist, wo sich die ROI befindet, können Kamera und Beleuchtung für diesen Bildbereich gezielt eingestellt werden, wie weiter oben beschrieben. 10

[0089] Für die Grobinformation zur Position des Gesichts wäre eine FIR-Kamera ausreichend, die nur relativ wenige Bildpunkte liefert und somit evtl. schon in näherer Zukunft kostengünstig zur Verfügung steht. 15

Patentansprüche

1. Biometrisches Erkennungssystem mit einer elektronischen Kamera, der ein angepasstes optisches Filter vorgeschaltet ist, und mit einer im Durchlassbereich des optischen Filters strahlenden Lichtquelle, die aus einer Vielzahl von im wesentlichen punktförmigen Lichtquellen besteht und/oder eine flächige Lichtquelle ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Lichtquelle synchron mit Bildwechselintervallen oder Verschlussöffnungsintervallen der Kamera gepulst betrieben wird und dass die Pulsdauer und die Dunkelintervalle der Lichtquelle so gewählt werden, dass die Helligkeit eines zu erkennenden Objektes im Dynamikbereich der Kamera liegt und gleichzeitig die Bestrahlungsleistung der Lichtquelle am Ort des zu erkennenden Objektes unterhalb der maximal zulässigen Bestrahlungsleistung für das menschliche Auge liegt. 20
2. Biometrisches Erkennungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtquelle eine Infrarotlichtquelle ist und dass das angepasste optische Filter für sichtbares Licht undurchlässig ist und für Licht in einem vorbestimmten Bereich des infraroten Spektrums durchlässig ist. 25
3. Biometrisches Erkennungssystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Betriebs-Bestrahlungsleistung der Lichtquelle am Ort eines zu erkennenden Objektes mindestens in der Größenordnung der Strahlungsleistung des Tageslichtes in dem spektralen Empfindlichkeitsbereich der Kamera mit dem vorgeschalteten optischen Filter liegt. 30
4. Biometrisches Erkennungssystem mit einer elektronischen Kamera, der ein angepasstes optisches Filter vorgeschaltet ist, und mit einer im Durchlassbereich des optischen Filters strahlenden ersten Lichtquelle, die aus einer Vielzahl von im wesentlichen punktförmigen Lichtquellen besteht und/oder eine flächige Lichtquelle ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens eine weitere Lichtquelle mit den gleichen Merkmalen wie die erste Lichtquelle vorgesehen ist und dass die mehreren Lichtquellen selektiv aktivierbar und angeordnet sind, um ein zu erkennendes Objekt aus verschiedenen Winkeln zu beleuchten. 35
5. Biometrisches Erkennungssystem nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtquellen Infrarotlichtquellen sind und dass das angepasste optische Filter für sichtbares Licht undurchlässig ist und für Licht in einem vorbestimmten Bereich des infraroten Spektrums durchlässig ist. 40
6. Biometrisches Erkennungssystem nach Anspruch 4

oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Betriebs-Bestrahlungsleistung jeder der mehreren Lichtquellen am Ort des zu erkennenden Objektes mindestens in der Größenordnung der Strahlungsleistung von diffusem Tageslicht in dem spektralen Empfindlichkeitsbereich der Kamera mit dem vorgeschalteten optischen Filter liegt und wesentlich kleiner als die Strahlungsleistung von direktem Sonnenlicht in dem Empfindlichkeitsbereich ist. 45

7. Biometrisches Erkennungssystem nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die mehreren Lichtquellen selektiv aktiviert werden, bis mindestens ein Bild des zu erkennenden Objektes erhalten wird, das im wesentlichen im Dynamikbereich der Kamera liegt. 50

8. Biometrisches Erkennungssystem nach einem der Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass ein Bild des zu erkennenden Objektes gewonnen wird, während mindestens eine der Lichtquellen aktiv ist, dass die Lage des zu erkennenden Objektes in dem Bild ermittelt wird, dass die Helligkeitsverteilung in dem zu erkennenden Objekt analysiert wird und dass auf Basis der Analyse der Helligkeitsverteilung eine selektive Aktivierung einer oder mehrerer der Lichtquellen durchgeführt wird. 55

9. Biometrisches Erkennungssystem nach einem der Ansprüche 4 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die mehreren Lichtquellen synchron mit Bildwechselintervallen oder Verschlussöffnungsintervallen der Kamera gepulst betrieben werden. 60

10. Biometrisches Erkennungssystem nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Pulsdauer und die Dunkelintervalle der aktiven Lichtquelle(n) so gewählt werden, dass die Helligkeit eines zu erkennenden Objektes im Dynamikbereich der Kamera liegt und gleichzeitig die Bestrahlungsleistung der aktiven Lichtquelle(n) am Ort des zu erkennenden Objektes unterhalb der maximal zulässigen Bestrahlungsleistung für das menschliche Auge liegt. 65

11. Biometrisches Erkennungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass es außerdem mindestens einen Entfernungsmesser zur Messung der Entfernung des zu erkennenden Objektes von der Lichtquelle oder den Lichtquellen und/oder der Kamera enthält und dass die Strahlungsleistung, die Pulsdauer und/oder die Dunkelintervalle der Lichtquelle(n) außerdem unter Berücksichtigung der gemessenen Entfernung eingestellt werden. 70

12. Biometrisches Erkennungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass das zu erkennende Objekt das Gesicht oder die Iris einer Person ist. 75

13. Verwendung eines biometrischen Erkennungssystems nach einem der vorhergehenden Ansprüche zur Personen-Identifizierung in einem Kraftfahrzeug. 80